

# STUDIUL ASUPRA REZISTENȚEI LA PĂTRUNDEREA CUȚITELOR UNUI BURGHIU, LA FORAJUL ORIZONTAL

Prof.univ.dr.ing. Soimușan Valentin – Facultatea de Utilaj Tehnologic – UTCB  
[valentinsouimusan@yahoo.com](mailto:valentinsouimusan@yahoo.com)

## Abstract

The work is a study in theory allowing the establishment of relations for calculating the resistance of soil opposite at the penetration knives with straight cutting edge.

## 1. INTRODUCERE

La forajul orizontal cu burghiu, masina utilizata are ca organ de lucru un burghiu care prin rotirea simultan cu împingerea lui în pământ realizează operația de dislocare și evacuare a pământului, respectiv operația de forare.

În cazul în care forajul se face cu tub de protecție când burghiul se află în interiorul tubului, iar cuțitele sunt la același nivel cu cuțitul tubului, rezistența totală  $R_t$  ce apare la avans este [1]:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (1)$$

unde:

$R_1$  reprezintă rezistența la pătrunderea cuțitului inelar;

$R_2$  – forța de frecare dintre tub și pământul înconjurător;

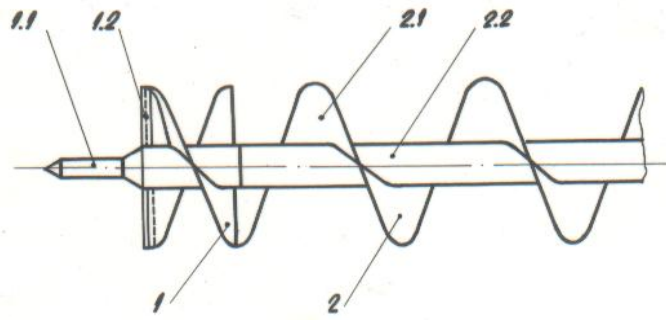
$R_3$  – rezistența la pătrunderea capului de foraj;

$R_4$  – rezistența datorată apăsării pământului pe suprafața frontală a spirelor capului de foraj.

Se observă că o pondere importantă asupra mărimii rezistenței la avans, o are rezistența la pătrunderea capului de foraj în pământ,  $R_3$ .

O importanță deosebită asupra mărimii rezistenței  $R_3$  întâmpinate de capul de foraj la pătrunderea sa în pământ o are forma constructivă.

În general un burghiu este compus (figura 1) dintr-un cap de foraj și corpul burghiului. Capul de foraj are rolul de a disloca pământul, iar corpul burghiului, format din mai multe tronsoane funcție de lungimea forajului, are rolul de a-l transporta. Pentru a-si îndeplini funcția de dislocare capul de foraj este prevăzut cu un vârf de pătrundere în pământ și cuțite pentru tăierea pământului. Forma vârfului și a cuțitelor este diferită funcție de natura terenului în care se forează.



**Fig.1.**

**1 – cap de foraj; 1.1. – vârf; 1.2 – cuțite; 2 – tronson burghiu; 2.1. – spiră; 2.2. - arbore**

Astfel, vârfurile pot fi: cilindrice, tip daltă, tip burghiu cilindric sau conic, tip “coadă de pește” etc.

Cuțitele cel mai des întâlnite pot fi: tip lamă (cu tăiș drept), cuțite dințate (tip fierăstrău) sau cuțite cu tăiș discontinuu tip daltă.

Rezistența opusă de pământ la pătrunderea cuțitelor depinde de tipul cuțitului utilizat.

Datorită avantajelor pe care le reprezintă, la forarea oizontală cu burghiu, în cele mai multe cazuri burghiul este dotat cu cap de foraj prevăzut cu vârf cilindric și două cuțite cu tăiș drept tip lamă (fig.1).

Din acest motiv, în continuare studiul rezistenței la pătrundere se face pentru cuțitul tip lamă.

Un studiu complet presupune analizarea a doua situații:

- forarea în pământuri necoezive sau slab coezive;
- forarea în pământuri coezive.

Prezenta lucrare analizează rezistența la pătrundere pentru forajul din pământuri necoezive sau slab coezive.

## **2. REZISTENȚA LA PĂTRUNDEREA CUȚITULUI LA FORAREA IN PĂMANTURI NECOEZIVE SAU SLAB COEZIVE**

Cuțitele cu tăiș drept sunt montate pe spirele capului de foraj cu tăișul dispus într-un plan perpendicular pe axa burghiului ( figura 2). Ele sunt montate astfel încât suprafața de așezare să fie formată de suprafața lor plană, iar suprafața de ascuțire să formeze suprafața de degajare ( figura 2,b).

Asupra unui cuțit dispus radial într-un plan perpendicular pe axa burghiului (fig.2.a), la pătrunderea în pământ a unui cuțit elementar de lungime  $dr$ , dispus la distanța  $r$  față de axa burghiului acționează forțele (fig.2.):

$dN_1$  – forța elementară normală pe suprafața de așezare;

$dN_2$  – forța elementară normală pe suprafața de degajare;

$dF_{r1}$  ,  $dF_{r2}$  – forțele elementare de frecare pe cele două suprafețe

S-a neglijat rezistența la învingerea stării de inerție a pământului dislocat, deoarece mărimea sa este mică comparativ cu celelalte forțe.

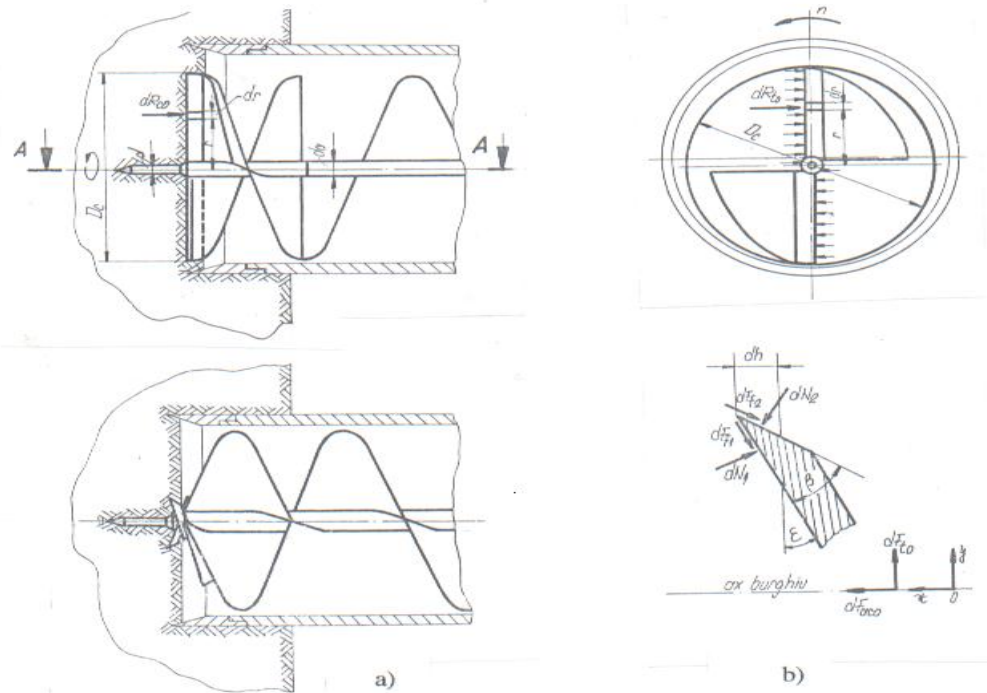


Fig.2

Proiectând aceste forțe pe axa longitudinală a cuțitului rezultă:

$$dF_{aco} = dR_{co} = dN_1 \cos \varepsilon + dF_{f1} \sin \varepsilon + dF_{f2} \sin(\beta + \varepsilon) - dN_2 \cos(\beta + \varepsilon) \quad (2)$$

unde:

$dF_{aco}$  reprezintă forța elementară necesară avansului cuțitului;

$dR_{aco}$  – rezistența elementară la pătrunderea cuțitului în pământ;

$\varepsilon$  - unghiul de așezare a cuțitului;

$\beta$  - unghiul de ascuțire a cuțitului

Având în vedere că:

$$dF_{f1} = \mu_1 dN_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 N_1 \quad (3)$$

$$dF_{f2} = \mu_2 dN_2 = \operatorname{tg} \varphi_2 N_2 \quad (4)$$

se înlocuiesc în relația (2) și efectuând calculele trigonometrice, rezultă:

$$dR_{co} = dN_1 \frac{\cos(\varepsilon - \varphi_1)}{\cos \varphi_1} - dN_2 \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \quad (5)$$

unde:

$\mu_1$  reprezintă coeficientul de frecare dintre cuțit și pământ;

$\varphi_1$  – unghiul de frecare dintre cuțit și pământ.

Forțele elementare normale au valoarea:

$$dN_1 = p \cdot dh \cdot (\operatorname{ctg} \varepsilon) dr \quad (6)$$

$$dN_2 = K_d \cdot dh \cdot dr \quad (7)$$

unde:

$p_{op1}$  reprezintă presiunea orizontală pasivă – liniară a pământului;

$dh$  - adâncimea elementară de pătrundere a cuțitului;

$K_d$  - rezistența specifică de desprindere a brazdei de pământ.

Inlocuind forțele normale în relația (5) se obține:

$$dR_{co} = \frac{1}{\cos \varphi_1} \left[ P_{op} \cos(\varepsilon - \varphi_1) \cdot ctg \varepsilon - K_d \cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) \right] dr \cdot dh \quad (8)$$

Tinând cont de limitele de integrare rezultă:

$$dR_{co} = \frac{1}{\cos \varphi_1} \left[ P_{op} \cos(\varepsilon - \varphi_1) \cdot ctg \varepsilon - K_d \cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) \right] \int_{d_a/2}^{D_c/2} dr \cdot \int_0^h dh \quad (9)$$

Calculând integrala rezultă rezistența la pătrunderea unui cuțit în pământ:

$$R_{co} = h \frac{D_c - d_a}{2} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_1} \left[ P_{op} \cos(\varepsilon - \varphi_1) ctg \varepsilon - K_d \cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) \right] \quad (10)$$

Având în vedere numărul de cuțite  $n$  se obține rezistența totală la pătrunderea cuțitelor burghiului în pământ.

$$R_{co} = mh \frac{D_c - d_a}{2} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_1} \left[ P_{op} \cos(\varepsilon - \varphi_1) ctg \varepsilon - K_d \cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) \right] \quad (11)$$

unde:

$D_c$  este diametrul cuțitelor (fig.2,a);

$d_a$  – diametrul arborelui burghiului (fig.2,a);

$h$  – adâncimea de pătrundere a unui cuțit la o rotație;

$m$  – numărul de cuțite.

Notând:

$$K_{pc} = \frac{1}{\cos \varphi_1} \left[ p_{op1} \cos(\varepsilon - \varphi_1) ctg \varepsilon - K_d \cos(\varphi_1 + \varepsilon + \beta) \right] \quad (12)$$

se obține o relație de calcul a rezistențelor la pătrunderea cuțitelor în pământ, mult mai simplă:

$$R_c = m \cdot h \frac{D_c - d_a}{2} K_{pc} \quad (13)$$

Coeficientul  $K_{pc}$  reprezintă rezistența specifică la pătrunderea cuțitelor în pământ dată în daN/m<sup>2</sup>.

Se observă că mărimea coeficientului  $k_{pc}$  este o mărime variabilă ce depinde de proprietățile fizico-mecanice ale pământului prin parametrii  $p_{op}$  și  $\varphi_1$  și de parametrii cuțitului prin unghiurile de ascuțire  $\beta$  și de rezemare  $\varepsilon$ .

Valoarea exactă a coeficientului  $k_{pc}$  se determină experimental.

### 3. CONCLUZII

Analiza relației de calcul a rezistenței de calcul a rezistenței la pătrunderea cuțitelor burghiului în pământ conduce la desprinderea unor concluzii importante privind construcția capului de foraj și proiectarea cuțitelor.

Analizând relația (11) rezultă concluziile:

- o influență importantă asupra mărimii rezistenței  $R_c$  o are natura pământului prin proprietățile sale fizico-mecanice. Mărimea rezistenței la pătrundere depinde direct de presiunea orizontală a pământului  $p_{op}$  și de rezistența specifică la desprinderea brazdei de pământ  $K_d$ , dar și de unghiul de frecare dintre cuțit și pământ  $\varphi_1$ .

Pentru ca forța de avans  $F_a$  să fie cât mai mică este necesar ca rezistența la pătrunderea cuțitelor  $R_c$  să fie cât mai mică.

Pentru reducerea rezistenței  $R_c$  este necesară îndeplinirea condiției:

$$K_d \cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) > 0 \quad (14)$$

Cum rezistența specifică  $K_d \neq 0$ , expresia (14) este pozitivă pentru:

$$\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) > 0 \quad (15)$$

Expresia (15) este pozitivă dacă;

$$\varphi_1 + \beta + \varepsilon < 90 \quad (16)$$

Rezultă că pentru a obține o valoare cât mai mică a rezistenței la pătrunderea cuțitelor este necesar ca unghiul de tăiere  $\beta + \varepsilon$  să îndeplinească condiția:

$$\beta + \varepsilon < 90 - \varphi_1 \quad (17)$$

Pentru a respecta această condiție se poate modifica valoarea celor două unghiuri  $\beta$  și  $\varepsilon$ .

Mărimea unghiului de așezare  $\varepsilon$  este limitată întrucât la valori prea mici ale unghiului  $\varepsilon$  crește suprafața cuțitului expusă presiunii ceea ce conduce la creșterea rezistenței la avans  $R_c$ , iar creșterea unghiului  $\varepsilon$  deși contribuie la micșorarea rezistenței la avans, ridică probleme constructive.

De aceea este recomandabil ca valorile optime ale unghiului de așezare  $\varepsilon$  să fie determinate experimental.

Interesant este că, dacă sunt îndeplinite simultan condițiile:

$$\varphi_1 + \beta < 90^\circ \quad (16)$$

și

$$\frac{p_{op}}{K_d} < \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos(\varepsilon - \varphi_1)} \quad (18)$$

forța normală pe suprafața de degajare  $N_2$ , la pământurile necoezive, este îndreptată în sensul direcției de avans, devenind o forță activă ce contribuie la pătrunderea cuțitelor în pământ.

Această situație este destul de rar întâlnită la pământurile necoezive, dar poate fi întâlnită mai ales la forarea în pământuri coezive (caz ce va fi prezentat cu altă ocazie).

Lungimea cuțitelor  $\left( l_c = \frac{D_c - d_a}{c} \right)$ , respectiv diametrul  $D_c$  este un alt factor cu influență mare asupra rezistenței  $R_c$ , întrucât rezistența la pătrundere crește proporțional cu lungimea cuțitelor. Cum diametrul cuțitelor este impus de diametrul lucrării asupra acestui parametru nu se poate interveni.

Numărul cuțitelor capului de foraj influențează direct proporțional asupra rezistenței la pătrundere. Deci, atât din punct de vedere constructiv, cât și al consumului energetic este recomandabil ca numărul cuțitelor să fie cât mai mic. Având în vedere că utilizarea unui singur cuțit, datorită

montării sale excentrice, introduce solicitări suplimentare în capul de foraj (cu toate urmările negative ce decurg de aici), apare ca avantajoasă construirea capetelor de foraj cu două cuțite.

Regimul de lucru influențează asupra rezistenței la pătrunderea cuțitelor  $R_c$  prin adâncimea de pătrundere a cuțitelor la o rotație,  $h$  (avansul la o rotație).

Din relația (11) se constată că la pătrunderea cuțitelor în pământuri necoezive rezistența crește proporțional cu adâncimea de avans a cuțitelor.

În acest caz, funcție de natura terenului în care se forează, pentru fiecare categorie de pământ se va alege, pe baze experimentale, viteza optimă de avans.

Adâncimea de avans a unui cuțit se determină cu relația:

$$h = \frac{V_a}{m \cdot n} \quad (19)$$

unde:

$V_a$  reprezintă viteza de avans a burghiului;

$m$  – numărul de cuțite;

$n$  – turația burghiului

Din cele prezentate, se desprinde concluzia că pentru executarea unui proces de forare cu rezistențe minime la pătrunderea cuțitelor și deci cu o reducere a consumului energetic, ideal ar fi ca pentru fiecare categorie de pământ să fie proiectate capete de foraj prevăzute cu cuțite având parametrii stabiliți în concordanță cu natura pământului forat. Din punct de vedere practic acest lucru este dificil de realizat, dar având în vedere importanța reducerii consumului energetic, în timpul forării, este recomandabil ca fiecare mașină de forat să fie dotată cu un set de capete de foraj prevăzute cu cuțite adecvate, cel puțin pentru categoriile de pământ întâlnite mai des.

## **Bibliografie**

[1] Valentin Soimusan – Forarea orizontală cu burghiu. Baze teoretice. Editura CONSPRESS, București, 1998.